



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION OF:

SCHREIBER, Karl

Atty. Dkt. No.: 2560-0419

Appln. No.: 10/758,214

Art Unit: 3745

Filing Date: January 16, 2004

Examiner: Unknown

Title: **FAN BLADE FOR A GAS-TURBINE  
ENGINE**

Date: May 11, 2004

**TRANSMITTAL**

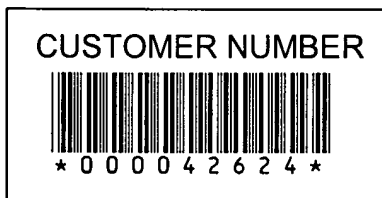
Hon. Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Attached please find the following documents, submitted for filing in connection with the above-identified application:

- ☒ Priority Document Submission Cover
- ☒ Priority Document # DE 103 01 755.0

The Commissioner is hereby authorized to charge any deficiency in the fee(s) filed, or asserted to be filed, or which should have been filed herewith (or with any paper hereafter filed in this application by this firm) to our Deposit Account No. 501860. A duplicate of this sheet is attached.



Davidson Berquist Klima & Jackson LLP  
4501 N. Fairfax Drive; Suite 920  
Arlington, VA 22203  
Main: (703) 248-0333  
FAX: (703) 248-9558

Respectfully submitted,

By:

**Timothy J. Klima**  
Registration No.: 34,852



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of:

Inventor(s):	SCHREIBER, Karl	Atty. Dkt.:	2560-0419
Appln. No.:	10 / 758,214	Art Unit:	3745
Filed:	January 16, 2004	Examiner:	Unknown
Title:	<b>FAN BLADE FOR A GAS- TURBINE ENGINE</b>	Date:	May 11, 2004

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**  
**IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

Hon. Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
DE 103 01 755.0	Germany	January 18, 2003

CUSTOMER NUMBER



\* 0 0 0 0 4 2 6 2 4 \*

Respectfully submitted,

By:

**Timothy J. Klima**  
Registration No.: 34,852

Davidson Berquist Klima & Jackson LLP  
4501 N. Fairfax Drive; Suite 920  
Arlington, VA 22203  
Main: (703) 248-0333  
FAX: (703) 248-9558



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 01 755.0

**Anmeldetag:** 18. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co KG,  
Dahlewitz/DE

**Bezeichnung:** Fanschaufel aus massivem Material für ein  
Gasturbinentriebwerk

**IPC:** F 01 D, B 64 C und F 04 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ebert'.

Ebert

## Beschreibung

5 Die Erfindung betrifft eine Fanschaufel aus massivem Material für ein Gasturbinentriebwerk.

Die Gebläseschaufeln oder Fanschaufeln sind die ersten rotierenden Gebilde in einem Gasturbinentriebwerk. Sie sind nicht nur der angesaugten eintretenden Luft, sondern auch  
10 überwiegend in der Startphase angesaugten Fremdkörpern, wie beispielsweise Vögeln, ausgesetzt. Um den extrem hohen Belastungen, zum Beispiel bei einem Vogelschlag, standzuhalten, sind die in massiver Bauweise aus einem hochfesten  
15 Metall, zum Beispiel Titan, oder einer entsprechenden Legierung gefertigten Fanschaufeln entsprechend stark dimensioniert. Aufgrund des dadurch bedingten hohen Gewichts sind die Fanschaufeln zum einen sehr teuer und zum anderen ist die mechanische Belastung auf der Grundlage der Eigenschwingungen und der Schwingungsamplitude sowie der Zentrifugalkräfte hoch. Entsprechend dem Gewicht der Fanschaufeln  
20 müssen auch die Fan-Schutzgehäuse oder Fan-Containments dimensioniert werden. Damit sind insgesamt eine weitere Gewichtszunahme und zusätzliche Kosten verbunden.



25 Für Flugzeugtriebwerke mit hoher Leistung wurden zur Verringerung des Gewichts und zur Beseitigung der durch eine zu große Masse bedingten Nachteile bereits Fanschaufeln mit im Innern ausgebildeten geschlossenen Hohlräumen vorgeschlagen. Die zur Herstellung derartiger Hohlschaufeln beispielsweise in der US 6 033 186 und in der US 5 692 881 beschriebenen Verfahren sind jedoch sehr kostenaufwendig. Der hohe Kostenaufwand für derartige Hohlfanschaufeln steht insbesondere bei Triebwerke kleiner und mittlerer Leistung  
30 in keinem effizienten Verhältnis zu der Gewichtseinsparung und den dadurch erzielten Vorteilen.  
35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine in der Masse reduzierte und mechanisch hoch belastbare Fanschaufel für Gasturbinentriebwerke zu entwickeln, die einfach und kostengünstig hergestellt werden kann und dabei hohen Sicherheitsanforderungen gerecht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Fanschaufel gelöst. Aus den Unteransprüchen ergeben sich weitere Merkmale und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Der Grundgedanke der Erfindung liegt darin, dass eine aus massivem Material bestehende, zum Beispiel aus Titan geschmiedete Fanschaufel in einem begrenzten Schaufelspitzenbereich einen von der Schaufelspitzenstirnseite ausgehenden Hohlraum oder mehrere durch Versteifungsstege voneinander getrennte Hohlräume ausweist. Das heißt, der überwiegende Teil der Fanschaufel besteht ausgehend vom Schaufelfuß aus massivem Material, während nur ein begrenzter Bereich an der Schaufelspitze mit sich zum Schaufelfuß hin erstreckenden Hohlräumen versehen ist. Der Hohlraum erstreckt sich lediglich auf einen Schaufelbereich, der relativ geringen Betriebsbelastungen ausgesetzt ist. Die Betriebsbelastungen sind bei zyklischer Belastung vorzugsweise  $< 150$  Mpa (Megapascal).

Die Hohlräume werden unmittelbar, zum Beispiel mit elektrochemischen Bearbeitungsverfahren, in das massive Material eingeformt. Es ist aber auch denkbar, die Fanschaufel aus zwei Teilen zu fertigen, und zwar einem Massivschaufelteil (massives Schaufelfußteil) und einem mit diesem durch ein Fügeverfahren verbundenen, separat gefertigten Hohl-schau-felteil (hohles Schaufelspitzen- teil). Das separat hergestellte Hohl-schau-felteil kann auch aus einem Blechmantel gebildet werden sowie aus einem anderen Material als das des Massivschaufelteils bestehen.

Mit einer vergleichsweise geringen und vor allem auf einfache Weise zu erzielenden Gewichtsreduzierung in einem von der Schaufelspitze ausgehenden begrenzten Bereich können die am Schaufelfuß wirkenden Fliehkräfte und Spannungen in erheblichem Umfang reduziert bzw. optimal eingestellt werden. Beispielsweise konnten mit einer Gewichtsverringerung im Spitzenbereich von 3% die am Schaufelfuß wirkenden Zentrifugalkräfte um 12% gesenkt werden. Mit der Verringerung der Masse lediglich im Spitzenbereich durch die von der freien Stirnseite her eingeformten Hohlräume wird die wirk-  
same Länge der Schaufelmasse, und zwar im Sinne einer Schaufelverkürzung, insgesamt geringer, so dass die Schwingungsamplituden sinken und die Eigenfrequenzen steigen und die Fanschaufeln mithin in erheblich geringerem Umfang beansprucht und geschädigt werden. Bei der Ausbildung mehrerer im Abstand nebeneinander liegender Hohlräume entstehen Versteifungsstege zwischen diesen, die zur mechanischen Festigkeit des Schaufelspitzenteils beitragen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der vorgeschlagenen Fanschaufel liegt in der einfachen, kostengünstigen Herstellung, zumal die Ausbildung der Hohlräume ohne Schwierigkeiten in die üblichen Fertigungstechnologien für massiv ausgebildete Fanschaufeln eingebunden werden kann.

Die Länge und die Querschnittsgröße und -form ist über die Breite der Fanschaufel variabel. Vorzugsweise sind die mittig ausgebildeten Hohlräume länger und größer als die seitlichen, und besonders bevorzugt weist der nahe der Eintrittskante gelegene Hohlraum die geringste Länge und Querschnittsgröße auf. Mit der Anordnung sowie der Form und Größe der Hohlräume in der Schaufelspitze kann die Spannungsverteilung im Schaufelfuß optimal eingestellt werden. Es ist ein wesentliches Erfindungskriterium, dass die Größe und Ausbildung der von der Schaufelspitze ausgehenden Hohlräume die Steifigkeit der Fanschaufel nicht beeinträchtigt.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist es auch möglich, die Fanschaufel aus zwei separat gefertigten Teilen herzustellen, und zwar einem massiven Fußschaufelteil und einem die ausgeformten Hohlräume aufweisenden Schaufelspitzenteil, die dann nach bekannten Fügeverfahren miteinander verbunden werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht einer erfindungsgemäß ausgebildeten Fanschaufel für ein Gasturbinentriebwerk;

Fig. 2 eine Seitenansicht des oberen Teils einer Fanschaufel mit durch strichlierte Linien angedeuteten Hohlräumen;

Fig. 3 einen Schnitt A-A nach Fig. 1, in dem ein in der Fanschaufel ausgebildeter Hohlraum im Querschnitt dargestellt ist; und

Fig. 4 eine Seitenansicht einer aus einem massiven unteren Teil und einer hohl ausgebildeten Schaufelspitze zusammengesetzten Fanschaufel.

Fig. 5 Eine Ansicht mit von der Schaufelsaugseite eingebrachten Taschen, die anschließend mit aerodynamisch angepassten Blechen verschlossen werden.

Die in Fig. 1 gezeigte Fanschaufel aus Titan umfasst einen Schaufelfuß 1 und eine Schaufelspitze 2. Sie weist eine Eintrittskante 3 und eine Austrittskante 4 auf. Im oberen Drittel der Fanschaufel, dem Schaufelspitzenteil 8, befinden sich von der Schaufelspitze 2 ausgehende Hohlräume 5, die durch Versteifungsstege 6 voneinander getrennt sind. Durch die Versteifungsstege 6 und die Stärke der verbleibenden Schaufelwand 7 ist die Steifigkeit der Fanschaufel

und die erforderliche Schubspannungsübertragung gewährleis-  
tet. Die Hohlräume 5 haben eine im Querschnitt im Wesentli-  
chen rechteckige Form. Es sind aber auch andere Quer-  
schnittsformen, zum Beispiel rund oder oval, denkbar. Wie  
5 aus den Figuren 2 bis 4 erkennbar, befinden sich die Hohl-  
räume 5 nur im Spitzenbereich oder etwa im oberen Drittel  
der im übrigen Bereich, dem Schaufelfußteil 9, massiv aus-  
gebildeten Fanschaufel. Der Verlauf der Längsachse der  
langgestreckten Hohlräume 5 ist der Form der Fanschaufel  
10 angepasst. Beispielsweise folgt die Längsachse der im obe-  
ren Schaufeldrittel befindlichen Hohlräume 5 dem Twist der  
in Fig. 1 dargestellten Fanschaufel. Wie Fig. 3 zeigt, ver-  
ringert sich die Querschnittsfläche des jeweiligen Hohl-  
raums 5 in seinem unteren Teil (im Schaufelinneren) allmäh-  
15 lich, um so die Kerbspannungen im Übergangsbereich zum mas-  
siven Teil der Fanschaufel gering zu halten.

Aus den Figuren 2 und 4 wird deutlich, dass die Hohlräume 5  
in ein und derselben Fanschaufel bis zu einer unterschied-  
20 lichen Tiefe in das massive Material eingearbeitet sein  
können und auch eine unterschiedliche Querschnittsgröße  
aufweisen können. So befindet sich der an der Eintrittskan-  
te 3 liegende Hohlraum 5 in ausreichendem Abstand von die-  
ser Kante und ist zudem im Querschnitt kleiner und in kür-  
25 zerer Länge ausgebildet, um den durch Vogelschlag bedingten  
hohen Belastungen in diesem Bereich gerecht zu werden. Im  
mittleren Schaufelbereich sind die Hohlräume 5, wie Fig. 2  
zeigt, hingegen tiefer ausgebildet, um in diesem Bereich  
großer Wandstärke möglichst viel Material aus dem massiven  
30 Teil zu entfernen und eine große Gewichtsreduzierung zu er-  
zielen.

Eine weitere Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung  
ist in Fig. 4 wiedergegeben. Danach ist die Fanschaufeln  
35 aus zwei separat gefertigten und dann in einem geeigneten  
Fügeverfahren miteinander verbundenen Einzelteilen, nämlich



einem Hohlschaufelteil 8' und einem Massivschaufelteil 9', hergestellt.

Die Hohlräume 5 können von der Schaufelspitze 2 aus in einem geeigneten Verfahren, zum Beispiel durch erosive elektro-chemische Bearbeitung, hergestellt werden. Bei der aus zwei Teilen (8', 9') gefertigten Fanschaufel, mit der eine noch größere Gewichtseinsparung erzielt werden kann, ist es zudem möglich, für das Hohlschaufelteil 8' zur Verbesserung der Vogelschlagbeständigkeit ein anderes Material, zum Beispiel ein duktileres Titan (wie zum Beispiel Ti-Cu2 oder Ti64 half) einzusetzen. Ein separat gefertigtes Schaufelspitzenteil 8' kann auch aus einem Blechmantel aus Titanbasis-Feinguss bestehen.

**Bezugszeichenliste**

5	1	Schaufelfuß
	2	Schaufelspitze
	3	Eintrittskante
	4	Austrittskante
	5	Hohlraum
10	6	Versteifungssteg
	7	Schaufelwand
	8	Schaufelspitzenteil
	9	Schaufelfußteil
	8'	separates Hohlschaufelteil
15	9'	separates Massivschaufelteil
	10	Titanblech
	11	Laserschweißnaht

### Patentansprüche

- 5 1. Fanschaufel aus massivem Material für ein Gasturbinen-  
triebwerk, mit einem an einer Fanscheibe befestigten  
Schaufelfuß und einer gegenüberliegenden Schaufel-  
spitze,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ausgehend von der freien Stirnseite an der Schaufel-  
spitze (2) in einem begrenzten Schaufelspitzenteil  
10 (8, 8') mindestens ein sich in Richtung des Schaufel-  
fußes (3) erstreckender Hohlraum (5) eingeformt ist.
- 15 2. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Länge und/oder die Querschnittsfläche der mehre-  
ren Hohlräume (5) über die Breite der Fanschaufel un-  
terschiedlich ist.
- 20 3. Fanschaufel nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der/die in der Nähe der Eintrittskante der Fanschau-  
fel liegende/n Hohlraum/räume (5) eine geringe Länge  
und/oder Querschnittsfläche hat/haben.
- 25 4. Fanschaufel nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der/die mittig angeordnete/n Hohlraum/räume die größ-  
te Tiefe hat/haben.
- 30 5. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Querschnittsform der Hohlräume im wesentlichen  
rechteckig und/oder oval und/oder rund ist.
- 35 6. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Längsachse des mindestens einen Hohlraums (5) dem Schaufeltwist folgt.

5 7. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Hohlraumquerschnitt an seinem unteren, zum Schaufelfuß (3) weisenden Ende allmählich kleiner wird und keilförmig ausläuft.

10 8. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der mindestens eine Hohlraum (5) durch erosiven Materialabtrag aus einer massiven Fanschaufel gebildet ist.

15 9. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
diese aus einem separat gefertigten Massivschaufelteil (9') und einem mit diesem durch ein Fügeverfahren verbundenen, separat gefertigten Hohlschaufelteil (8') besteht.

20 10. Fanschaufel nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das separat gefertigte Hohlschaufelteil (8') aus einem Blechmantel gebildet ist.

25 11. Fanschaufel nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 das separat gefertigte Hohlschaufelteil (8') durch erosiven Materialabtrag aus massivem Material gefertigt ist.

35 12. Fanschaufel nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das einer geringeren Belastung ausgesetzte, separat

gefertigte Hohlschaufelteil (8') aus einem anderen Material als das Massivschaufelteil (9') besteht.

13. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die mehreren Hohlräume (5) durch Versteifungsstege  
(6) voneinander getrennt sind.

14. Fanschaufel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Hohlräume zunächst flächig an der Saugseite eingebracht und mit einem Blech stoffschlüssig abgedeckt sind.

### **Zusammenfassung**

- 5 Eine aus massivem Material gefertigte Fanschaufel für ein Gasturbinentriebwerk weist im Bereich der Schaufelspitze mindestens einen von deren Stirnseite aus eingeformten Hohlraum (5) zur Materialreduzierung auf. Dadurch können -
- 10 abgesehen von der Gewichtseinsparung - mit einfachen Mitteln die Schwingungsamplituden und die Fliehkräfte deutlich gesenkt und das Eigenschwingungsverhalten verbessert und letztlich die mechanische Festigkeit erhöht werden. (Fig.1)

FIG. 1

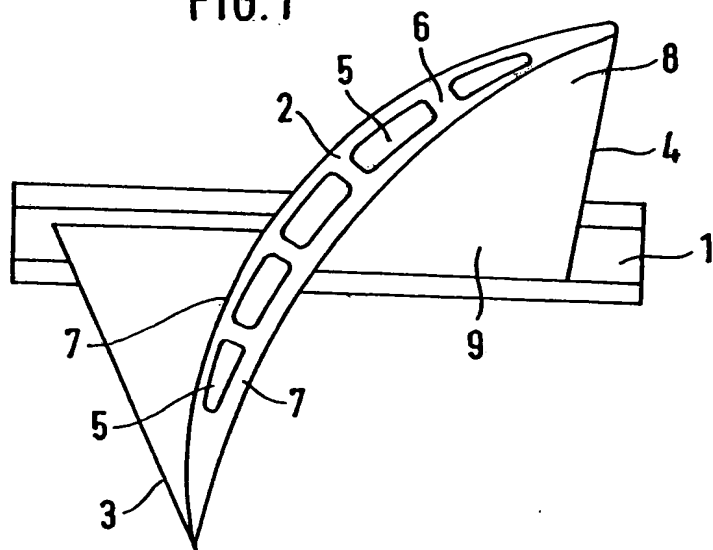


FIG.1

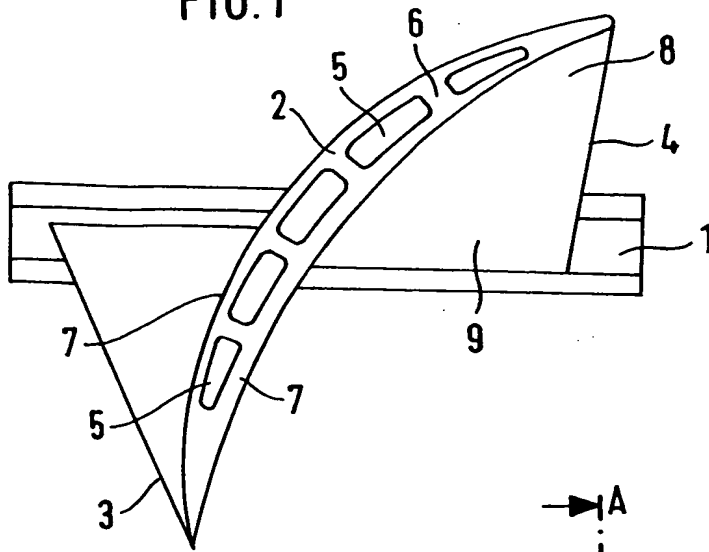


FIG.2

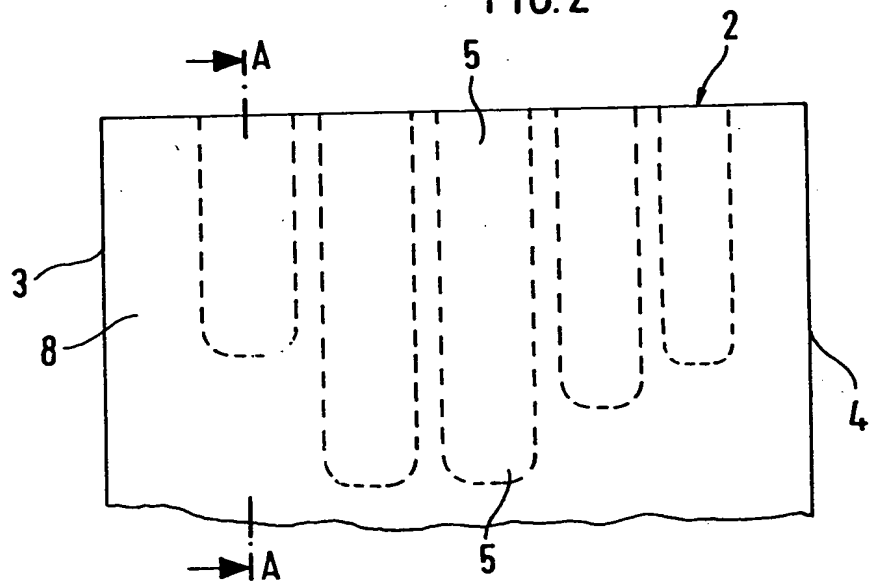


FIG.4

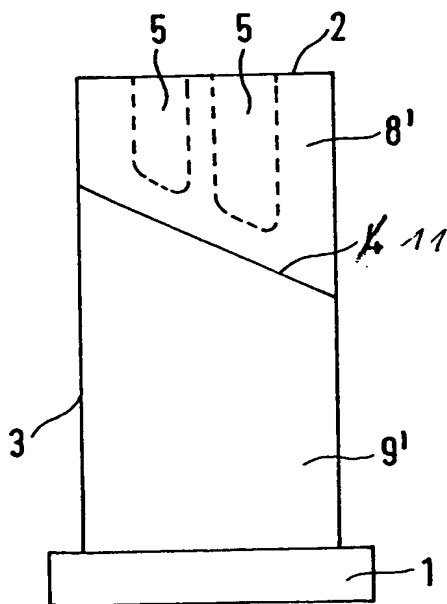
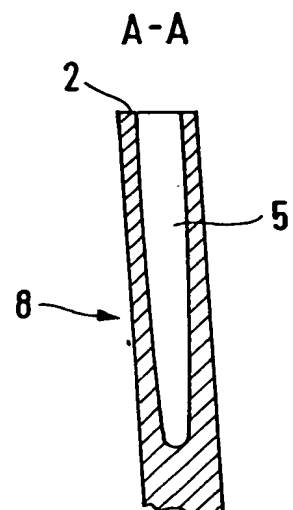


FIG.3





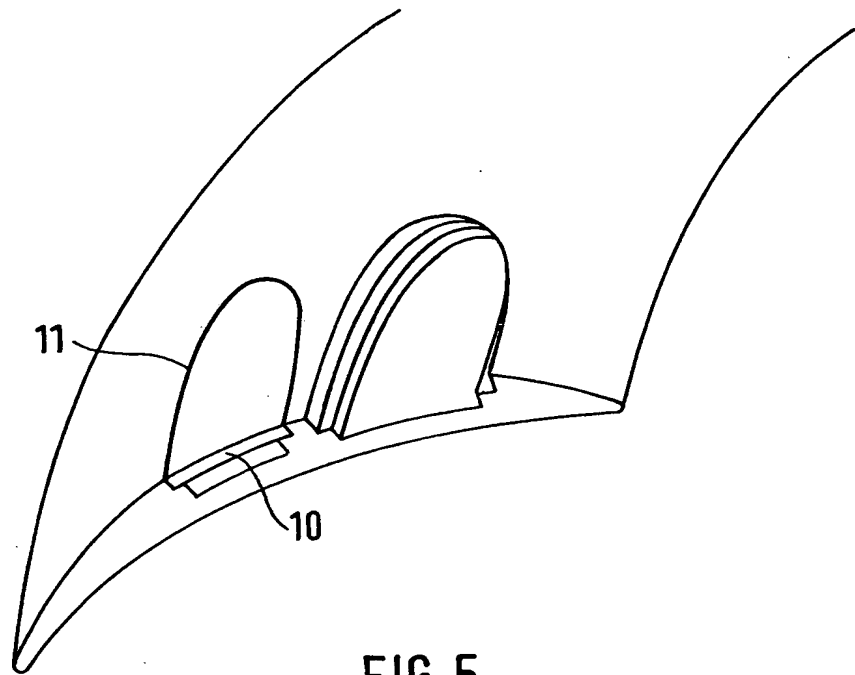


FIG. 5